

## «Створення методології проектування робастних систем управління аерокосмічними рухомими об'єктами»

### Основні наукові результати

Розроблено комплекс методів синтезу робастних систем управління польотом різних типів ЛА, заснованих на параметричній, структурно-параметричній та структурній робастній оптимізації. Створено методологічне та математичне забезпечення структурно-параметричного синтезу робастних систем управління конкретних об'єктів, а саме: БПЛА із обмеженою кількістю навігаційних приладів, малого пілотованого ЛА, аеростату.

Створено науково-обґрунтовану методику та математичне забезпечення процесу перетворення техніко-економічних та експлуатаційних вимог до систем управління у математично-формалізовану задачу; розроблено алгоритми і програми структурно-параметричної оптимізації робастних системи управління рухом, у тому числі при багатомодельній постановці задачі; розроблено процедуру аналізу динаміки замкнутої системи на відповідність результатів синтезу вимогам до проектованої системи; створено алгоритм моделювання динаміки замкнутої системи з урахуванням її нелінійностей та цифрової реалізації законів управління; розроблено процедуру “зворотного зв'язку” для корекції вихідної інформації у випадках розбіжності результатів синтезу з вимогами до системи. Розроблено методи та алгоритм ідентифікації динамічних характеристик малого пасажирського літака в умовах інтенсивних завад та зміщень датчиків, який базується на новому підході, що поєднує методи калмановської фільтрації та стохастичної апроксимації. Створено обчислювальні процедури  $\mu$ - синтезу робастної системи управління малим пілотованим літаком.

### Практична цінність

Практична цінність отриманих результатів полягає в можливості розв'язання широкого кола практичних задач запропонованими методами синтезу робастних систем управління. Використання таких систем запобігає зниженню конкурентоспроможності вітчизняних систем управління рухомими об'єктами та ускладненню льотної та технічної експлуатації перспективних літаків.

### Перелік основних наукових публікацій, доповідей на конференціях, семінарах

#### Навчально-методичні видання

1. Азарсков В.Н., Стрельников В.П. Надежность систем управления и автоматики / Уч. пособие. – К.: НАУ, 2004. – 164 с.
2. Sushchenko O.A. Methods for Complex Systems Identification /Course of lectures.–К.:NAU, 2004.–104 p.
3. Tunik A.A., Klipa A.M. Fundamentals of Modern Control Theory/ Manual for laboratory studies. – К.: NAU, 2004. – 46 p.
4. Tunik A.A., Klipa A.M. Digital Control and Data Processing Systems / Manual for laboratory studies. – К.: NAU, 2004. – 56 p.
5. О.А. Сущенко, П.П. Троянов. Спецрозділи математики /Конспект лекцій.–К.: НАУ, 2005.–62 с.
6. Тунік А.А., Абрамович О.О. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт 1-6 в пакеті програм MATLAB для студентів спеціальності 8.091401 „Системи управління і автоматики” – К.: НАУ, 2005.– 56 с.
- 7.Тунік А.А., Абрамович О.О. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт 7-15 в пакеті програм MATLAB для студентів спеціальності 8.091401 „Системи управління і автоматики” .– К.: НАУ, 2005.– 56 с.
- 8.Тунік А.А., Абрамович О.О. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт 16-20 в пакеті програм MATLAB для студентів спеціальності 8.091401 „Системи управління і автоматики”. – К.: НАУ, 2005.– 56 с.

#### Публікації в наукових виданнях

1. В.М. Азарсков, А.А. Тунік, А.М. Кліпа. Розширена калманівська фільтрація в задачах оцінки стану та ідентифікації динамічних характеристик літального апарата //Електроніка та системи управління. – 2004. – №1. – С. 114–123.

2. Азарсков В.М., Житецький Л.С., Сущенко О.А. Синтез цифрової системи автосупроводження з адаптивною обробкою вимірювальних сигналів //Вісник північного наукового центру ТАУ.– 2004.– №7.– С.48-51.

3. Азарсков В.М., Житецький Л.С., Сущенко О.А. Ідентифікаційний підхід до задачі адаптивної стабілізації дискретного динамічного об'єкта при нерегулярному збуренні//Вісник НАУ.–2004.– № 1.– С.34–39.

4. Азарсков В. М., Галагуз Т.А., Тунік А. А. Структурно-параметричний синтез робастної системи управління при стохастичних збуреннях і неповних вимірах вектора стану системи / /Проблеми інформатизації і управління.– 2004.– № 10. – С. 83 – 91.

5. Туник А.А., Абрамович Е.А. Многомодельный подход к параметрической робастной оптимизации цифровых систем управления полетом//Проблеми управління і інформатики.– 2004.– №2.–С.32–43.

6. Тунік А.А., Абрамович О.О. Определение динамической обратной связи методом модального управления // Проблемы информатизации та управління.– 2004.– №11. – С.225–228.

7. Тунік А.А., Абрамович О.О. Робастна параметрична оптимізація дискретної системи управління, яка має неструктуровані параметричні збурення//Вісник НАУ.–2004.–№2.–С.31–35.

8. Тунік А.А., Абрамович О.О., Абрамович Н.А. Робастна параметрична оптимізація дискретної системи управління стратосферичним аеростатом//Проблеми інформатизації та управління.–2004.– №11.– С.16–20.

9. А. А. Тунік, Т. А. Галагуз. Структурно-параметричний синтез цифрової робастної системи управління при стохастичних збуреннях і неповних вимірах вектора стану системи // Вісник НАУ.–2004.–№ 4. – С. 8 – 15.

10. А. А. Тунік, Т. А. Галагуз, М. М. Комнацька, Т. А. Білий. Оптимальне управління боковим каналом БПЛА при неповних вимірах вектора стану // Проблемы информатизации та управления.– 2005.– № 12. – С. 143 – 146.

11. А. А. Тунік, Т. А. Галагуз, К. В. Мельник, Є. В. Галкін. Синтез оптимальної цифрової системи управління з використанням спостерігача Люенбергера // Електроніка та системи управління.–2004.–№ 2.– С. 125 – 129.

12. А.А. Tunik, Т.А. Galaguz. Robust stabilization and nominal performs of the flight control sistem for small UAV //Applied and computetional mathematics. International Journal. Vol. 3, № 1, 2004, pp. 34 – 45.

13. Буриченко М.Ю., Сущенко О.А. Первинна обробка стохастичної вимірювальної інформації засобами MATLAB// Проблеми інформатизації та управління. – 2004.–№11.– С. 88–91.

14. Буриченко М.Ю., Сущенко О.А.Методика визначення динамічних характеристик стохастичних сигналів з використанням інтерактивних засобів апроксимації експериментальних даних //Електроніка та системи управління. – 2004.– №2.– С.20–24.

15. Сущенко О.А., Кохан Ю.Н., Сайфетдинов Р.А., Войтков Д.О. Управление приведением к горизонту средств определения пространственной ориентации подвижного объекта //Проблеми інформатизації та управління. –2004.– №11.– С.212–217.

16. Сущенко О.А. Особенности управления системой назначения курса в режиме поперечного приведения до горизонта/ /Вісник НАУ. – 2004.–№ 3.– С.86-89.

17. Сущенко О.А. Особенности управления системой назначения курса в режиме точного приведения до горизонта //Вісник НАУ.–2004.– № 4.– С.29-32.

18. Sushenko O.A., Plotnikov A.V. Moving object attitude determination by means of redundant nonorthogonal systems of sensors. //Вісник НАУ. – 2005.– № 2.– С.12-15.

#### **Доповіді на конференціях, семінарах**

1. Азарсков В.М., Житецький Л.С., Сущенко О.А. Обобщение одной задачи синтеза оптимального управления линейным объектом с запаздыванием при ограниченных возмущениях //Труди 11-й міжн. конф. “Автоматика-2004”.– К.– 2004.– С. 1.

2. Азарсков В.М., Житецький Л.С., Сущенко О.А. Оптимизация управления движением неминимально-фазовой системы с неизмеряемыми внешними воздействиями //Труди 12-й міжн. конф. “Автоматика-2004”.– Харьков.– 2005.– С. 1.

3. Азарсков В.М., Житецький Л.С., Сущенко О.А. Новий підхід до задачі синтезу цифрової системи автосупроводження літальних апаратів //Матеріали VI міжн. наук.-техн. конф. АВІА-2004.–К.– Т. II.– С.26.28-26.31.

4. Азарсков В.М., Житецький Л.С., Сущенко О.А. Об адаптивной идентификации динамических объектов в замкнутых человеко-машинных системах // Сб. научн. трудов МНТК ISDMII.– Євпаторія.–2005.– Т.1.– С.23–26.

5. Азарсков В.М., Ситник О.Г. Інтелектуальні системи прийняття рішень для підтримки процесів експлуатації, обслуговування та ремонту бортового обладнання авіаційної техніки //Сб. научн. трудов МНТК ISDMII.– Євпаторія.–2005.– Т.1.– С.21–25.

6. Тунік А.А., Абрамович О.О. Оцінка впливу передімпульсної фільтрації на динаміку цифрової системи //Матеріали VI міжн. наук.-техн. конф. АВІА-2004.–К.– 2004.–Т. II.– С.26.32–26.35.

7. Тунік А.А., Абрамович О.О. Робастна параметрична оптимізація при турбулентному вітрі та випадкових шумах вимірювання //Тези доповідей V міжн. наук.-техн. конф. „Авіоніка-2004”.– К.– 2004.–С.44–45.

8. Тунік А.А., Абрамович О.О. Оценка влияния неструктурированных параметрических возмущений на робастность и качество замкнутых цифровых систем управления / /Матеріали 11 міжн. конф. „Автоматика-2004”.– К.– 2004.– Т.1.– С.41.

9. Тунік А.А., Абрамович О.О. Методологія синтезу робастних дискретних систем управління безпілотним літальним апаратом //Збірник доповідей V міжн. наук.-техн. конф. “Гіротехнології, навігація та управління рухом”. – К.– 2005. – С.287–290.

10. A.A.Tunik, T.A.Galaguz, Xu Guo Dong. Design of suboptimal robust flight control system for small UAV. – The Second World Congress “Aviation in the XXIst Century” “Safety in Aviation”, – p. 1.70 – 1.79.

11. А. А. Тунік, Т. А. Галагуз, Робастне керування при стохастичних збуреннях і неповних вимірах// Матеріали VI міжн. наук.-техн. конф. АВІА-2004.–К.– 2004.–Т. II.– С. 26.36 – 26.39.

12. А. А. Tunik, T. A. Galaguz, Robust stabilization and nominal performance of the flight control system for small UAV. – Applied and computational mathematics. An international journal. Volume 3, № 1, 2004. – С.34 – 45.

13. А.А. Тунік, А.М. Кліна. Цифрова фільтрація в задачах ідентифікації „жорстких” систем // Матеріали VI міжн. наук.-техн. конф. АВІА-2004.–К.– 2004.–Т. II.– С.26.45-26.51.

14. А.А. Тунік, А.М. Кліна. Оценка состояния и идентификация легких ЛА// Труды 12-й міжн. конф. “Автоматика-2004”.– Харьков.– 2005.– С. 43.

15. А.А. Тунік, А.М. Кліна. Особенности идентификации продольного руха ЛА методом максимальной правдоподобности. //Перша міжн. наук. конф. „Теорія та методи обробки сигналів”.–К.– 2005. – С. 104–105.

16. Буриченко М.Ю., Сущенко О.А. Проектування інтерактивних засобів апроксимації вихідних даних для спектральних алгоритмів оптимальної обробки інформації // Матеріали VI міжн. наук.-техн. конф. АВІА-2004.–К.– 2004.–Т. II.– С. 26.4-26.7

17. Буриченко М.Ю., Сущенко О.А. Застосування системи MATLAB для обчислення і апроксимації спектральних щільностей стохастичних сигналів // Тези доповідей V міжн. наук.-техн. конф. „Авіоніка-2004”.– К.– 2004.–С.51-52.

18. Сущенко О.А., Кохан Ю.М., Сайфетдінов Р.А Особенности управления стабилизированными средствами визначения курсу// Матеріали VI міжн. наук.-техн. конф. АВІА-2004.–К.– 2004.–Т. II.– С.26.63-26.66.

19. Абрамович О.О., Абрамович Н.А., Горбатюк О.Д. Параметрична робастна оптимізація дискретних систем управління // Тези доповідей V міжн. наук.-техн. конф. „Авіоніка-2004”.– К.– 2004.–С. 52–53.

20. А.М. Кліна. Цифрова фільтрація в задачах ідентифікації „жорстких” систем //Матеріали VI міжн. наук.-техн. конф. АВІА-2004.–К.– 2004.–Т. II.– С.26.67–26.80.

21. А.М. Кліна. Ідентифікація динамічних характеристик бічного руху літального апарату з урахуванням турбулентності атмосфери // Тези доповідей V міжн. наук.-техн. конф. „Авіоніка-2004”.– К.– 2004.–С. 46–47.